

17. Pavlenko, V. Technology for Data Acquisition in Diagnosis Processes By Means of the Identification Using Models Volterra [Text] / V. Pavlenko, O. Fomin, V. Ilyin // Proc. of the 5th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS 2009), Rende (Cosenza), Italy, 2009. — P. 327–332. doi:10.1109/idaacs.2009.5342968
18. Павленко, В. Д. Эффективность методов извлечения диагностической информации из данных идентификации объектов контроля в виде ядер Вольтерра [Текст] / В. Д. Павленко, С. В. Павленко, В. М. Ильин // Електротехнічні та комп'ютерні системи. — 2011. — Вип. 04 (80). — С. 154–161.
19. Pavlenko, V. Methods For Black–Box Diagnostics Using Volterra Kernels [Text] / V. Pavlenko, A. Fomin. ICIM 2008: Proceedings 2nd International Conference on Inductive Modelling. — Kyiv, Ukraine, 2008— P. 104–107.
20. Павленко, В. Д. Метод диагностики непрерывных систем на основе моделей в виде ядер Вольтерра [Текст] : зб. пр. / В. Д. Павленко, А. А. Фомин, С. В. Павленко, В. М. Ильин // Моделювання та керування станом еколого–економічних систем регіону. — Київ : МННЦІТІС, 2008. — Вип. 4. — С. 180–191.
21. Павленко, В. Д. Вычислительный интеллект и информационная оптимизация систем диагностирования состояний непрерывных объектов [Текст] / В. Д. Павленко, С. В. Павленко // Вычислительный интеллект (результаты, проблемы, перспективы): Материалы 1–й Международной научно–технической конференции. Черкассы. — Маклаут, 2011. — С. 113–114.
22. Файнзильберг, Л. С. Математические методы оценки полезности диагностических признаков [Текст] / Л. С. Файнзильберг. — Киев: Освита України, 2010. — 152 с.
23. Павленко, В. Д. Идентификация в виде ядер Вольтерра вентильно–реактивного двигателя для целей диагностики [Текст] / В. Д. Павленко, З. П. Процына // Електромашинобудування та електрообладнання. Тематичний випуск: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. — 2006. — Вип. 66. — С. 354–355.

*Розглянута проблема нормування викидів відпрацьованих газів автотранспортних засобів і їх інструментального контролю за допомогою газоаналізаторів і димомірів. Проведено аналіз особливостей застосування західноєвропейських стандартів серії Євро. Розглянуті українські стандарти, що нормують рівні викидів автомобілів і особливості їх застосування. Надано аналіз відмінностей стандартів Євро і українських. Приведені дані про технічні характеристики сучасних газоаналізаторів і димомірів, фізичні особливості методів вимірювання, діапазони, похибки*

*Ключові слова: автомобіль, викид, норматив, євростандарт, газоаналізатор, стенд, димомір, діапазон, похибка, регламент*

*Рассмотрена проблема нормирования выбросов отработанных газов автотранспортных средств и их инструментального контроля с помощью газоанализаторов и дымомеров. Проведен анализ особенностей применения западноевропейских стандартов серии Евро. Рассмотрены украинские стандарты, нормирующие уровни выбросов автомобилей и особенности их применения. Дан анализ различных стандартов Евро и украинских. Приведены данные о технических характеристиках современных газоанализаторов и дымомеров, физические особенности методов измерения, диапазоны, погрешность*

*Ключевые слова: автомобиль, выброс, норматив, евростандарт, газоанализатор, стенд, дымомер, диапазон, погрешность, регламент*

УДК 543.27; 533.2

## НОРМУВАННЯ ВИКИДІВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ АВТОМОБІЛІВ ТА ПЕРЕХІД ДО СТАНДАРТІВ ЄВРО

**І. В. Приміський**

Технічний директор  
ТОВ «Автокоприлад»  
вул. Межигірська, 82 А,  
м. Київ, Україна, 04080  
E-mail: avtoeko@faust.net.ua

### 1. Вступ

Збільшення міського населення за останні десятиріччя призвело до стрімкого зростання кількості автомобілів. За даними ООН на тисячу жителів у таких країнах як США, ФРН, Франція, Великобританія зареєстровано від 450-600 автомобілів, у Польщі –

320, Росії – 210, Україні – 160. У світі зареєстровано близько 1 млрд. автомобілів, які кожен тиждень згоряє 50 млн. тон бензину. Автомобільний транспорт є джерелом постійно зростаючого техногенного навантаження на довкілля.

Нормування і контроль викидів є загальносвітовою і європейською проблемою і саме країни ЄС розробили

комплексний підхід до нормування викидів автотранспорту як при виготовлення на автозаводах, так і при їх подальшій експлуатації. Розроблені чіткі методики екологічної перевірки автомобілів, є класифікаційні вимоги до газоаналізаторів, за допомогою яких відбувається інструментальний контроль викидів, створені засоби їх метрологічного забезпечення.

Адаптація європейських стандартів, нормативів, методик є актуальною задачею для української економіки і важливим аспектом захисту і контролю довкілля від шкідливих викидів.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка задачі

Проблема нормування і інструментального контролю викидів відпрацьованих газів автомобілів носить глобальний світовий характер, більшість країн світу ведуть дослідження впливу викидів на довкілля, визначають відповідні економічні збитки впроваджують свої національні стандарти, які регламентують рівні викидів АТЗ [1, 2]. В той же час, з урахуванням процесів глобалізації економік і інтенсивності нарощування міжнародних автоперевезень світова спільнота розробила ряд регіональних нормативів, які діють на території Північної і Південної Америки, Західної Європи. До таких документів відносяться Правила Європейської Економічної Комісії ООН з транспорту, нормативи міжнародної організації зі стандартизації (ISO), Агенство із захисту навколишнього середовища США, Директиви ЄС, Нормативи Євро [3, 4]. В наукових монографіях і навчальних посібниках досліджені процеси утворення викидів АТЗ, вплив на довкілля [5, 6]. Детальний аналіз окремих токсичних газових компонентів, твердих частинок відпрацьованих газів, методи їх зниження розглянуті в відповідних дослідницьких працях [7–9].

Однак в вищезгаданих публікаціях не розглядаються безпосередньо питання використання засобів інструментального контролю: газоаналізаторів і димомірів для контролю відпрацьованих газів, особливо в умовах України, коли національні і міжнародні стандарти мають відмінності і виникають питання їх правомірного вибору, застосування, метрологічного забезпечення.

## 3. Склад і вплив відпрацьованих газів

Величина викиду шкідливих речовин з відпрацьованими газами залежить від багатьох факторів: процеси підготовки і згоряння суміші, режиму роботи двигуна, його технічного стану, якості палива. Токсичні викиди у відпрацьованих газах складають: оксид вуглецю (CO), вуглеводні (CH) та оксиди азоту (NO<sub>x</sub>). Ці токсичні гази утворюються при спалюванні палива двигунами внутрішнього згоряння (як з іскровим запалюванням, так дизельних), таким чином кількість токсичних викидів напряму залежить від спожитого двигуном палива. В табл. 1 наведено дані про кількість токсичних компонентів при згорянні 1 кг палива в бензиновому двигуні легкового автомобіля середнього класу [5, 6].

Таблиця 1

Викид токсичних компонентів відпрацьованих газів на 1 кг палива, з урахуванням середньої величини коефіцієнта надлишку повітря ( $\alpha=1,0$ )

Компонент	Вид палива	
	Бензин, г	Дизельне паливо, г
Оксид вуглецю (CO)	400–465	20
Вуглеводні (C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> )	20–23,1	4,2
Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> )	14–15,2	18,1
Ангідрид сіркової кислоти	2	7,8
Альдегіди	1	0,7
Сажа	1	5
Свинець	0,5	—
Всього	508	51

При усередненому щорічному пробігу 10000 км автомобіль класу «Opel», ВАЗ, використовує 1000 кг бензину і 14000 кг повітря. В середньому легковий автомобіль протягом року виділяє таку кількість токсичних компонентів: оксиду вуглецю – 378 кг, вуглеводнів 110 кг, оксидів азоту і сірки 20 кг, сажі 2 кг. Забруднення навколишнього середовища викидами автомобілів відбувається, не тільки від вихлопних газів, а й від випарів безпосередньо палива з паливної системи автомобіля, через порушення герметичності паливної системи. З 200 млн. автомобілів США або 40 млн. у ФРН щодня випаровується 1 г палива (а реально ця цифра значно більше), відповідно в атмосферу цих країн щорічно надходить 200 і 40 тонн парів моторного палива [1]. Вид палива, який використовується в автомобілі буде визначати склад та концентрації токсичних компонентів.

## 4. Вміст і властивості токсичних компонентів відпрацьованих газів

Оксид вуглецю – CO чадний газ, (концентрація в викидах 2–10 %) утворюється в результаті неповного згоряння вуглецю в пальному. При вдиханні CO зв'язується з гемоглобіном крові, витісняючи з неї кисень, у результаті чого настає кисневе голодування. Висока концентрація оксиду вуглецю навіть при короткочасному впливі може призвести до смерті, невеликі дози викликають запаморочення, головний біль, відчуття втоми і уповільнення реакції у водія. В одномісному гаражі смертельна концентрація CO виникає вже через дві-три хвилини після вмикання двигуна].

Токсичні й вуглеводні –C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> (концентрація 0,1–1,0 %)– незгорілі хімічні складники палива. Викиди цих речовин на перехрестях і біля світлофорів у кілька разів більші, ніж при русі на магістралі. Це причина багатьох хронічних захворювань. Найнебезпечнішим вважається бенз-а-пірен, у якого вкрай активні канцерогенні властивості.

Оксиди азоту – NO<sub>x</sub> (концентрація 0,1–0,5 %) утворюються при згорянні будь-яких видів палива – природного газу, вугілля, бензину чи мазуту. Найбільш небезпечний діоксид азоту NO<sub>2</sub>, який при наявності взаємодії з парами води в атмосфері утворює азотисту й азотну кислоти. Надходячи у верхні шари атмосфери, діоксид азоту сприяє появі кислотовмісних хмар і

кислотних опадів. За критичної його концентрації, наприклад, у закритих приміщеннях (гаражах), виникає набряк легенів, що призводить до смерті. Вплив оксидів азоту не можна послабити жодними нейтралізуючими засобами. У поєднанні з вуглеводнями вони утворюють токсичні нітроолефіни, які у літню спеку сприяють утворенню фотохімічних смогів [10, 11].

Доцільно сказати також про Європейські нормативи викидів автотранспортних засобів, особливості застосування.

В даний час у європейських країнах нормування викидів автотранспортних засобів (АТЗ) здійснюється згідно з Правилами ЄЕК ООН та директивами ЄС. Нормування екологічних показників відбувається як на стадії виробництва так і експлуатації АТЗ. Перші європейські нормативи викидів АТЗ були прийняті у 1970. Ці нормативи і випробування по ним встановлюються Правилами ЄЕК ООН і Директивами ЄС. Є важлива особливість вказаних нормативів. Правила ЄЕК ООН регламентують методику випробувань, деталізують технічну процедуру, метрологічне забезпечення, але в них не вказують дату введення норм викидів. Конкретні норми викидів і час їх введення в дію вказані в Директивах ЄС, і вони є обов'язковими для країн ЄС.

Випробування за Правилами ЄЕК ООН здійснюється на стенді з біговими барабанами при умовному русі транспортних засобів за чотирма міськими їздовим циклами. Цикл має такі основні характеристики: довжина умовного шляху – 4,052 км, тривалість виконання циклу – 820 с, максимальна швидкість – 50 км/год, середня умовна швидкість – 18,7 км/год. Їздовий цикл імітує чотири звичайних міських циклу і один додатковий, що імітує рух автомобіля за містом [3, 4].

У 1998 р. Директивами ЄС введені перспективні норми, так звані норми «Євро». Європейські стандарти відіграють важливу роль у зниженні так званих регульованих речовин. До них відносяться оксид вуглецю (СО), оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), вуглеводні (СН) і тверді частинки (сажа) – розміром до 10 мкм (PM<sub>10</sub>). Стандарти «Євро» послідовно ставали жорсткішими із року в рік. На теперішній час обмеження для нових автомобілів і легких фургонів повинні відповідати стандартам «Євро V».

Стандарти «Євро» нормують викиди (масу) токсичних речовин автомобілів на км пробігу (аналогічні стандарти США нормують масу викиду на мілю пробігу). На кожний вид палива встановлено норми викидів для легкових автомобілів (у г/км) [3, 4].

Ефект застосування стандартів «Євро» полягає у послідовному, поетапному в часі, зниженні видів викиди транспортних засобів в тому, щоб прискорити впровадження інноваційних рішень в конструкцію автомобіля, які зменшують викиди відпрацьованих газів. Для бензинових автомобілів, це було досягнуто, зокрема за рахунок використання трикомпонентного

каталітичного нейтралізатору і переходу на інжекторні системи уприскування палива. Для дизелів, концентрації NO<sub>x</sub> і твердих частинок були знижені за рахунок розвитку двигунів з прямим уприскуванням і дизельних фільтрів твердих частинок (DPF). Ці технологічні досягнення, а також більш чисті види палива, привели до різкого зниження рівня регульованих забруднюючих речовин, причому настільки, що автомобіль, який зроблений сьогодні виробляє в двадцять разів менше викидів, ніж автомобіль, зроблений в 1970 році. Вимоги нормативу «Євро» створюють вітчизняним автовласникам і перевізникам значні проблеми – за кордоном забороняється рух українських транспортних засобів і накладаються штрафи за невідповідність екологічним стандартам європейських країн.

Таблиця 2

Стандарти Євро по викидам токсичних речовин

Євро	Дата	СО	ТНС	NMHC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	PM
стандарт	виконання*	(г/км)	(г/км)	(г/км)	(г/км)	(г/км)	(г/км)
Дизель							
Euro I	Липень 1993	2.72	–	–	–	0.97	0.14
Euro II	Січень 1997	1.00	–	–	–	0.70	0.08
Euro III	Січень 2001	0.64	–	–	0.50	0.56	0.05
Euro IV	Січень 2006	0.50	–	–	0.25	0.30	0.025
Euro V	Вересень 2010	0.500	–	–	0.180	0.230	0.005
Euro VI	Вересень 2015	0.500	–	–	0.180	0.230	0.005
Бензин							
Euro I	Липень 1993	2.72	–	–	–	0.97	–
Euro II	Січень 1997	2.20	–	–	–	0.50	–
Euro III	Січень 2001	2.30	0.20	–	0.15	–	–
Euro IV	Січень 2006	1.00	0.10	–	0.08	–	–
Euro V	Вересень 2010	1.000	100.00	0.68	0.60	–	0.005**
Euro VI	Вересень 2015	1.000	100.00	0.68	0.60	–	0.005**

\* Дата, після якої всі нові двигуни на ринку повинні відповідати стандарту.

\*\*Застосовується тільки для автомобілів з двигунами з безпосереднім уприскуванням.

«Євро V» вступив в силу в 2010 р., ще більш жорсткі стандарти вступлять в силу в 2015 р. («Євро VI»). На додаток до нормування токсичних компонентів відпрацьованих газів (СО, NO<sub>x</sub>, СН) ЄС встановило принципово нові обмеження для концентрації парникового вуглекислого газу СО<sub>2</sub> в викидах, автомобілів. В 2009 р. Європейський парламент прийняв новий закон про СО<sub>2</sub> який встановлює, що викиди СО<sub>2</sub> не повинні перевищувати 130 г/км пробігу для всіх нових автомобілів, зроблених в 2015 р. 130 г/км еквівалентно пробігу 58 миль або 93,3 км на 3,6 л для дизельних двигунів і 83,6 км на 3,6 л для бензинових двигунів. Досягнення цієї мети здійснювалось поетапно протягом трьох років, з 2012 року 65 % нових зареєстрованих автомобілів кожного виробника повинні відповідати нормативу викиду СО<sub>2</sub> – 130 г/км, 75 % автомобілів з 2013 р. і 80 % в 2014 році і 100 % до 2015 року. Розширена задача поставлена, щоб досягти значень викиду СО<sub>2</sub> 95 г/км до 2020 р. Виробникам, які перевищують нормативи з 2012 р. платять штраф за кожен автомобіль зареєстрований, який не відповідає нормативу [3].

Норми «Євро» регламентують також рівні випаровування паливно-мастильних матеріалів з авто-

мобілів, що стоять з вимкненим двигуном, і тверді частинки (сажа) у відпрацьованих газах автомобілів з дизельними двигунами. Нормативи випаровувань і твердих частинок наведені в табл. 2. В Україні діє закон № 2134-III від 07.12.2000 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо регулювання ринку автомобілів в Україні». В одному з його пунктів зазначено, що до нашої країни забороняється ввозити автомобілі без каталізаторів, які забезпечують склад шкідливих речовин у відпрацьованих газах на рівні «Євро 2».

### 5. Національні стандарти України з контролю викидів АТЗ

Головна відмінність український стандартів: ДСТУ 4276-04 «Норми і методи вимірювань димності у відпрацьованих газах автомобілів з дизелями або газодизелями» і ДСТУ 4277-04 «Норми і методи вимірювання вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів, що працюють на бензині або газовому паливі» від «Євро», полягає в тому, що вони і регламентують викиди токсичних речовин в об'ємній концентрації на холостому ході автомобіля. Одиниця виміру: об'ємний відсоток «% об.», або його доля «1ppm = 0,0001 об.%». Стандарти «Євро», як розглядалось вище – нормують масові викиди: «г/км» при їздовому випробувальному циклі, що імітує рух автомобіля. Тому порівняння національного стандарту ДСТУ 4277-04 і нормативів «Євро» немає сенсу, це різні по своїй суті екологічні стандарти, які в той же час дають оцінку екологічного стану автомобіля, з різних режимів роботи автомобіля: національні стандарти на холостому ході, стандарти «Євро» при руху автомобіля [6].

Концентрації токсичних компонентів: оксид вуглецю (СО) і вуглеводні (СН) у викидах відпрацьованих газів по ДСТУ 4277-04 не повинні перевищувати значень наведених в табл. 3.

Таблиця 3

#### Нормативи викидів СО, СН по ДСТУ 4277-04

Вид палива, на якому працює двигун	Частота обертання, на холостому ході	Оксид вуглецю (СО), об'ємна частка, %	Вуглеводні (СН), об'ємна частка, млн <sup>-1</sup> (ppm), для двигунів з числом циліндрів	
			до 4 циліндрів, включно	Більше ніж 4 циліндра
Бензин	N <sub>min</sub>	3,5*	1200	2500
	N <sub>підв</sub>	2,0	600	1000
Газ природний	N <sub>min</sub>	1,5	600	1800
	N <sub>підв</sub>	1,0	300	600
Газ нафтовий	N <sub>min</sub>	3,5	1200	2500
	N <sub>підв</sub>	1,5	600	1000
Нормативи викидів для автомобілів оснащених нейтралізаторами: окислювальними або трикомпонентними				
Режим	Окислювальними		Трикомпонентними	
	Оксид вуглецю, %	Вуглеводні, млн. <sup>-1</sup>	Оксид вуглецю, %	Вуглеводні, млн. <sup>-1</sup>
N <sub>min</sub>	1,0	600	0,5	100
N <sub>підв</sub>	0,6	300	0,3	100

Нормативи димності для дизельних двигунів по ДСТУ 4276-04 на різних видах палива представлені в табл. 4.

Таблиця 4

#### Нормативи димності дизельних двигунів

Типи автомобілів	Нормативний показник ослаблення світлового потоку K <sub>доп</sub> , м <sup>-1</sup>	Нормативний коефіцієнт ослаблення світлового потоку N <sub>доп</sub> , %
автомобілі з дизелями:	–	–
без наддуву	2,5	66
з наддувом	3,0	73
автомобілі з газодизелями:	–	–
без наддуву	1,7	52
з наддувом	2,0	58

### 6. Газоаналізатори і димоміри сучасний стан

Нормативи токсичності і димності автомобілів контролюються за допомогою відповідних засобів вимірювальної техніки: газоаналізаторів і димомірів.

Принцип дії димомірів базується на вимірюванні оптичної густини сфокусованого потоку світла, що проходить через відпрацьований газ. Рівень ослаблення світлового потоку до попадання на відпрацьований газ і після проходження через нього і є мірою димності. Нормованим параметром димності є натуральний показник ослаблення світлового потоку або коефіцієнт поглинання K, який характеризує оптичну густину відпрацьованих газів і вимірюється в м<sup>-1</sup> або %. Димність вимірюється у двох одиницях:

- відсотках ослаблення світлового потоку – 0–100 %;
- натуральному показнику ослаблення світлового потоку: K=0–∞.

(Натуральний показник ослаблення світлового потоку – величина обернена товщі шару відпрацьованих газів, який в е разів ослаблює потік випромінювання від джерела світла димоміра, що його просвічує, де е – основа натурального логарифму.)

Вимірювання димності проводять за допомогою приладів – оптичних димомірів згідно методики вимірювань по ДСТУ 4276-04. Димомір повинен бути оснащений каналом для виміру температури оливи (0–150 °С) і тахометром для виміру частоти обертання двигуна (0–6000 об/хв). Також в комплект димоміра входить принтер для друку результатів вимірювань. Основна приведена похибка вимірювань не повинна перевищувати – ±2 %. Прикладом таких сучасних димомірів є ИДП-2, ИДС (Україна) [12], OPACALYT 1030 (ФРН)[13], ИНФРАКАР Д 1-03 (Росія) [14] (табл. 5).

Токсичність автомобілів (вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів) перевіряється за допомогою автоматичних інфрачервоних газоаналізаторів. Принцип дії газоаналізаторів побудований на вимірюванні поглинання інфрачервоного випромінювання відповідним газом СО або СН, кожного на «свій» довжину хвилі, в інфрачервоній частині спектру [15]. Газ відбирається повітряним насосом надходить до газоаналізатора в оптичну ю-



вету, яка опромінюється від джерела інфрачервоного випромінювання, відповідно на фіксованій, характерній тільки для даного газу довжині хвилі відбувається поглинання потоку випромінювання залежно від концентрації газу. Приймач випромінювання фіксує зміни інтенсивності потоку випромінювання функціонально пов'язані з концентрацією газу. Розділення потоку випромінювання на вході приймача відбувається за допомогою вхідних оптичних інтерференційних фільтрів [15].

Прикладом таких приладів ИНФРАКАР (Росія), [13], INFRALYT SMART (ФРН) [14] (табл. 6).

Таблица 5

## Технічні характеристики димомірів

Тип димоміру	Ефективна оптична база (L)	Діапазон вимірювання димності, $\text{м}^{-1}$	Основна приведена похибка, %	Живлення
Инфракрас-Д1-3.02 (Росія) Стационарный	Приведена оптична 0,43 м	0-100% 0... $\infty \text{ м}^{-1}$ (0-10, при $K > 10$ $K = \infty$ )	$\pm 1-2$	Мережа 220В, 50Гц
ИДП-2 (Україна). Переносный	Приведена оптична 0,43м	0-100 %, 0-99 $\text{м}^{-1}$	$\pm 2$	Акумулятор 1,2V x 0,75Ah,
OPACILYT-1030 (ФРН) Стационарный	Оптична 0,43 м	0-100% 0-10 $\text{м}^{-1}$	$\pm 2$	Мережа 220В, 50Гц

## Технічні характеристики інфрачервоних газоаналізаторів

Тип газоаналізатору	Метод вимірювання, діапазон	Основна приведена похибка	Габарити, вага	Живлення, принтер, індикація, RS
Инфракрас М-2Т.02 – Росія	Недисперсный, инфракрасный (NDIR) CO – 0...10 %; CH – 0...5000 ppm; CO <sub>2</sub> – 0...20%; O <sub>2</sub> – 0...25 %; Лямбда – 0...2. Тахометра: 0...10000 хв <sup>-1</sup> Температура оливи: 0–100 °C	$\pm 4 \%$	Маса – 10 кг. Габаритні розміри: 355x310x185 мм.	Мережа 220 В, 50 Гц. Вмонтований принтер. Індикація показань – світлодіодна. Висота цифр – 14 мм. Зв'язок з ПК по RS-232;
INFRALYT SMART (ФРН)	Недисперсный, инфракрасный (NDIR) CO – 0–10 % CO <sub>2</sub> – 0–20 %. HC – 0–2500 ppm. O <sub>2</sub> 0–22 % . Лямбда – 0...9,999. Тахометра: 0...9999 хв <sup>-1</sup> Температура оливи: 0 – 130 °C Робоча температура: 5–45 °C	$\pm 4 \%$	Маса – 6,5 кг. Габаритні розміри: 258x330x203 мм	Мережа 220 В, 50 Гц. Вмонтований принтер. Індикація показань – ЖКІ екран Зв'язок з ПК по RS-232

Вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів перевіряють на холостому ході прогрітого автомобіля і можуть бути проведені як в цеху автозаводу, так і в СТО, АТП і в вуличних, польових умовах, єдина пересторога – температура довкілля не повинна бути менше +5 °C. Контроль за стандартами Євро можливо провести виключно в стаціонарних лабораторіях на відповідно оснащеному комп'ютером, різноманітними приладами і сенсорами на спеціалізованому випробувальному стенді [3].

Як в стандартах Євро, в національних ДСТУ окрім нормативів викидів регламентуються також і вимоги до технічних характеристик газоаналізаторів і димомірів: метод газового аналізу, діапазон, вимірювання, похибка, швидкодія.

В Україні склалась парадоксальна ситуація коли одночасно діють два нормативні акти, щодо вимог до газоаналізаторів для контролю відпрацьованих газів. Згідно ДСТУ 4277-04, в якому вимоги до газоаналізаторів зумовлені нормативами по табл. 3, а саме діапазони вимірювання CO, CH відповідно: 0–5 % об., 0–10000 ppm, основна приведена похибка вимірювань: +2 %. Також встановлені метрологічні вимоги до вимірювання температури оливи в діапазоні 50–150 °C, і частоти обертів двигуна 0–5000 об/хв. Тобто газоаналізатор повинен мати два вимірювальних газових канали: CO і CH і канали вимірювання температури і частоти обертів двигуна.

В той час згідно введеного в дію в 2008 р. «Технічного регламенту щодо суттєвих вимог до засобів вимірювальної техніки. Додаток 10» (далі – ТР), до технічних характеристик газоаналізаторів для контролю відпрацьованих газів автомобілів пред'являються суттєво інші вимоги. Нормується діапазони вимірювання не двох газів: CO і CH, як в ДСТУ 4277-04, а чотирьох газів: CO, CH, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> одночасно газоаналізатори діляться на два класи за рівнем похибки, відмінні діапазони, різні діапазони вимірювання, відсутні канали для вимірювання температури оливи і частоти обертів. Слід відмітити, що нормативи ТР взяті з міжнародного стандарту серії ISO 3930:2000/ OIML R 99:2000 «Instruments for measuring vehicle exhaust emissions («Засоби вимірювання шкідливих викидів»), в частині технічних і метрологічних характеристик газоаналізаторів.

З урахуванням європейського досвіду і загальної тенденції до спеціалізації

Таблица 6

## 7. Пропозиції щодо вдосконалення вітчизняної нормативно-правової бази

Контроль відпрацьованих газів автомобілів є глобальною проблемою і кожна країна створює свої нормативи і стандарти, які регламентують рівні викидів токсичних речовин. Такі національні стандарти з 2006 р. діють і в Україні. В той

же час в Європейських країнах розроблені регіональні нормативи «Євро», які послідовно, поетапно регламентують зменшення викидів токсичних компонентів в часі. Нормативи «Євро» в першу чергу стосуються автовиробників. Автозаводи мають чіткий орієнтир яких екологічних показників вони повинні досягти і в якому році.

В той же час при перевірці автомобіля в умовах експлуатації діють інші «експлуатаційні» нормативи, автомобіль перевіряється на відповідність екологічним

нормативам на спеціалізованому СТО. Відповідно вимоги до газоаналізаторів при виробництві автомобілів, їх сертифікації одні, при контролі в ході експлуатації інші.

Однчасна дія в Україні нормативів: «Євро», ДСТУ, ТР, стандартів ISO приводить до відсутності єдиних вимог при контролі екологічної безпеки АТЗ. З урахуванням досвіду, країн з значним рівнем автомобілізації і відповідного існуючого у цих країнах нормативно-методичного забезпечення, в Україні бажано створити наступні нормативні стандарти і керівні документи:

1. Національний ДСТУ, який нормує тільки рівні викидів забруднювальних речовин у відпрацьованих газах АТЗ:

а) при виробництві і випуску на автозаводах;

б) при експлуатації, проведення технічного огляду.

2. Національний ДСТУ в якому регламентуються вимоги до технічних (метрологічних) характеристик засобів вимірювання: газоаналізаторів, димомірів, газоаналітичних систем і станцій.

3. Національний ДСТУ до методик вимірювання, сфери їх використання, форми протоколів.

4. Керівний нормативний документ (КНД) Держекоінспекції, щодо перевірки АТЗ на відповідність статті 9 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» (Стаття 9: «для кожного типу пересувних джерел, що експлуатуються на території України, встановлюються нормативи вмісту забруднюючих речовин.») при перевірці АТЗ органами Держекоінспекції і ДАІ.

5. Внести зміни в Правила дорожнього руху України і проведення технічного огляду АТЗ, в частині

методики перевірки екологічних параметрів АТЗ, заборони експлуатації АТЗ при екологічній невідповідності, переліку приладів, які застосовуються для цих перевірок.

## 8. Висновки

Проблеми екологічного контролю АТЗ, зменшення негативного впливу викидів на довкілля потребують спільних зусиль фахівців різних галузей: автовиробників, приладобудівників, метрологів, спеціалістів по технічному обслуговуванню і ремонту автомобілів, екологів. Враховуючи напрям по гармонізації європейського законодавства в Україні стандарти ДСТУ 4276-04 і ДСТУ 4277-04 потребують модернізації і корегування.

З урахуванням досвіду країн з значним рівнем автомобілізації і відповідного існуючого у цих країнах нормативно-методичного забезпечення, в Україні бажано створити низку нормативних стандартів і керівних документів. Зокрема мова може йти про: нормування рівнів викидів забруднювальних речовин у відпрацьованих газах АТЗ; вимоги до метрологічних характеристик засобів вимірювання, методик вимірювання, сфери їх використання, форми протоколів; зміни в Правила дорожнього руху України і проведення технічного огляду АТЗ, в частині методики перевірки екологічних параметрів АТЗ, заборони експлуатації АТЗ при екологічній невідповідності та переліку приладів, які застосовуються для цих перевірок.

## Література

- Geurts, D. Mananing Euro 1V: Cost – Effective Solution for Emission– Busting Technology [Text] / D. Geurts, B. Schreurs, M. Petetrs // Engine Technology International. – 1998. – Vol. 2. – P. 23–26.
- Krahl, J. Fuel economy and environmental charecteristics of biodiesel and low sulfur fuels in diesel engines [Text] / J. Krahl, A. Munack, O. Schroder, A. Hassaneen // Landbauforschung Volk-enrode. – 2005. – Vol. 55, Nr. 2. – P. 72–79.
- Редзюк, А. М. Перевірка технічного стану колісних транспортних засобів: Норми міжнародних договорів України та права Європейського Союзу [Текст] / А. М. Редзюк, В. Б. Агеев, В. В. Мержієвський та ін. – К.: ДП «Державто -трансНДІпроект», 2008. – 536 с.
- Редзюк, А. М. Нормування екологічних показників ДТЗ: розвиток, стан, перспективи [Текст] / А. М. Редзюк, Ю. Ф. Гутаревич // Журнал «Автошляховик України». – 2001. – № 4. – С. 2–9.
- Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ [Текст] / за ред. проф. А. П. Марченко, проф. А. Ф. Шеховцова. – Харків: Прапор, 2004. – 360 с.
- Гутаревич, Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт [Текст]: навч. пос. / Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун, О. А. Корпач, Л. П. Мержієвська. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
- Козак, Ф. В. Про методи зниження токсичності відхідних газів автомобільних двигунів внутрішнього згоряння [Текст] / Ф. В. Козак, В. М. Мельник // Журнал «Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ». ІФТУНГ. – 2012. – № 3(44). – С. 121–127.
- Звонов, В. А. Оценка выброса твердых частиц с отработавшими газами автотракторного дизеля [Текст] / В. А. Звонов, А. П. Марченко, И. В. Парсаданов, А. П. Поливянчук // «Двигатели внутреннего сгорания» сб. ст. НТУ «ХПИ». – 2006. – № 2. – С. 64–67.
- Парсаданов, И. В. Определение состава твердых частиц состава отработавших газов дизелів [Текст] / И. В. Парсаданов, И. П. Васильев // Двигатели внутреннего сгорания: сб. ст. НТУ «ХПИ». – 2013. – № 2. – С. 97–101.
- Канило, П. М. Интегральные эколого-химические показатели автомобилей с поршневыми двигателями [Текст] / П. М. Канило, М. В. Сарапина // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. ХНАДУ. – 2007. – Вып. 20. – С. 68–74.
- Кульчицкий, А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей [Текст]: учеб. пос. для высшей школы / А. Р. Кульчицкий. – М.:Академический проект, 2004. – 400 с.
- НПФ Спецприбор [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www.spribor.is.com.ua](http://www.spribor.is.com.ua)
- SAXON Junkalor GmbH [Electronic resource] / Available at: [www.saxon-junkalor.de](http://www.saxon-junkalor.de)

14. «Инфракар» [Электронный ресурс] / Каталог продукции. – Режим доступа: [www.infracar.ru](http://www.infracar.ru)
15. Приміський, В. П. Сучасні оптико-електронні схеми інфрачервоних газоаналізаторів [Текст] / В. П. Приміський // Журнал «Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології». ВНТУ. – 2005. – № 1 (9). – С. 77–81.

**Виконано аналіз підходів до пошуку витоків підземних трубопроводів. Введено поняття акустичного портрета підземного трубопроводу водопровідної мережі. В якості акустичних портретів трубопроводу запропоновано використовувати параметри вейвлет-нейронної мережі, апроксимуючої акустичні сигнали трубопроводу. Розроблено метод локалізації місць витоків з підземної водопровідної мережі шляхом зіставлення акустичних портретів трубопроводів. Запропоновано критерій для зіставлення акустичних портретів**

**Ключові слова:** витоків трубопроводів, порівняння сигналів, вейвлет-нейронні мережі, акустичні портрети трубопроводів

**Выполнен анализ подходов к поиску утечек подземных трубопроводов. Введено понятие акустического портрета подземного трубопровода водопроводной сети. В качестве акустических портретов трубопровода предложено использовать параметры вейвлет-нейронной сети, аппроксимирующей акустические сигналы трубопровода. Разработан метод локализации мест утечек из подземной водопроводной сети путем сопоставления акустических портретов трубопроводов. Предложен критерий для сопоставления акустических портретов**

**Ключевые слова:** утечки трубопроводов, сопоставление сигналов, вейвлет-нейронные сети, акустические портреты трубопроводов

УДК 004.891.3

# ЛОКАЛИЗАЦИЯ УТЕЧЕК ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ПОРТРЕТОВ

**В. А. Строганов**

Кафедра информационных систем  
Севастопольский национальный  
технический университет  
ул. Университетская, 33,  
г. Севастополь  
E-mail: [vstroganov@mail.ru](mailto:vstroganov@mail.ru)

## 1. Введение

Актуальность проблемы своевременного обнаружения и устранения утечек из подземных трубопроводов городской водопроводной сети не вызывает сомнений. Значительная степень износа трубопроводов приводит к их регулярному повреждению. Потери воды за счет утечек в подземных трубопроводах составляют от (7–10) % развитых странах на хорошо ухоженных водопроводах [1] до 40 % [2], что приводит к значительным финансовым расходам. Поэтому задача своевременного обнаружения и устранения утечек подземных трубопроводов крайне важна с прикладной точки зрения.

## 2. Анализ литературных источников

Для поиска утечек трубопроводов существует множество подходов и методов. Условно их можно разделить на две группы:

- акустические, т. е. основанные на анализе акустических сигналов, возникающих при прохождении жидкости по трубопроводу;
- неакустические, основанные на анализе температурных изменений, использовании трассирующего газа и проч.

Наиболее перспективными представляются методы поиска и локализации утечек подземных трубопроводов, основанные на анализе акустических сигналов, которые возникают в местах вытекания жидкости. Решение о наличии или отсутствии утечки принимается на основе анализа сигнала, считанного с поверхности грунта над местом прокладки трубопровода [2], либо непосредственно со стенки трубопровода [3].

В случае повреждения трубопровода к акустическим сигналам, эмитируемым собственно трубопроводом, добавляется звук утечки – результат акустической эмиссии вытекающей жидкости. Как показано в [2], информации, содержащейся в таких суммарных сигналах, достаточно для классификации сигналов с помощью искусственной нейронной сети (ИНС), т. е. для принятия решения о наличии или отсутствии утечки. Акустические сигналы трубопровода подвергаются воздействию внешних шумов, что может негативно влиять на эффективность обнаружения утечек и приводит к необходимости предварительной обработки сигналов [4, 5].

Проанализировав текущее положение дел в области поиска утечек трубопроводов, можно выделить следующие основные тенденции:

- получают дальнейшее развитие известные ранее методы поиска и локализации утечек [3, 4];